

РАЗНОВРЕМЕННЫЕ МАГНЕТИТЫ ЛЕБЕДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАК ИНДИКАТОРЫ УСЛОВИЙ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

Н. Ф. СТОЛБОВА

(Представлена научным семинаром кафедры петрографии)

Лебедское месторождение представляет собой скарны с продуктивной золото-висмута-теллуридной минерализацией. Помимо золоторудной минерализации скарны сопровождают магнетитовые оруденения, а также альбито-пренитовая, микроклиновая, кварцево-гематитовая, кварцево-эпидотовая, кварцево-сульфидная, карбонатно-сульфидная минеральные ассоциации (название им дается по преобладающим минералам). На основании текстурно-структурных взаимоотношений минералов перечисленных ассоциаций устанавливается та последовательность их формирования, в которой они выше приведены. На различных этапах формирования постскарновой минерализации появляется магнетит. Так, магнетиты широко представлены в магнетитовых рудных телах и перекристаллизованных скарнах, которые были описаны нами ранее [1]. Кроме того, он встречается в кварцево-гематитовой ассоциации и карбонатно-сульфидной.

Естественно, что физико-химические параметры той среды, в которой формировался магнетит, оставили свои отпечатки на каких-то его особенностях. Изменение этих особенностей у магнетитов, образующихся на разных этапах формирования месторождения, укажет на смену тех или иных параметров. Таким образом, сравнение различных магнетитов поможет детализировать динамику постскарнового процесса. Учитывая то, что золото формируется перед карбонатно-сульфидной минерализацией, можно уточнить условия его генезиса.

Сравнение геолого-минералогических особенностей различных магнетитов показывает, что формирование наиболее ранних магнетитов происходило при обильном спокойном поступлении компонентов в окружающий раствор, их высокой химической активности. Об этом свидетельствует обильное накопление сплошных масс магнетитов-I, очень крупные их кристаллы, отсутствие следов тектонического дробления. В процессе роста кристаллов физико-химические условия среды претерпевают частые, но незначительные изменения, что выражается в тонкой, но частой зональности их. Хрупкие деформации горных пород не характерны для этого времени формирования магнетитов. Позднее в условиях понижающихся температур их роль возрастает, что выражается в появлении жил, прожилок, брекчиевидных текстур, кристаллов с блоковым строением у магнетитов-II, III, IV. Изменение характера раствора в процессе роста кристаллов более существенно (их отдельные зоны более четко отличаются друг от друга по интенсивности взаимодействия

Геолого-минералогические особенности магнетитов

Характерные особенности	Магнетит-I	Магнетит-II	Магнетит-III	Магнетит-IV
Ассоциирующие минералы	андрадит, зеленый ферриавгит	гранат колеблющегося состава, диопсид, магнетит-I	кварц, гематит, эпидот	кальцит, халькопирит, сфалерит, реликтовый пирит
Текстура	массивная сливная	брекчиевидная, линзовидная, друзовая	прожилковая	прожилково-вкрапленная
Структура	крупно- и гигантозернистая	крупно- и гигантозернистая	тонкозернистая	тонкозернистая
Габитус кристаллов	октаэдрический	октаэдрический с участием ромбо-додекаэдра	псевдоморфозы по гексагональным пластинкам гематита	псевдоморфозы по кубическому пириту
Внутреннее строение кристалла	тонкозональное строение (зоны слабо отличаются по степени затравливаемости конц. HCl)	блоковое, зональное, (сравнительно небольшое число зон, резкие различия их после травления конц. HCl).	зональное, слабо просматриваемое	зональное (зон немного, отдельные зоны представлены гематитом, видны следы растворения)

со стандартными реактивами и конц. HCl). Формирование магнетитов-II, III и IV происходит, по-видимому, без дополнительного привноса железа, при заимствовании его из окружающих железосодержащих минералов. Так, магнетит-II формируется только в пределах скарнов с магнетитом-I, а магнетит-III развивается по гематиту, магнетит-IV — по пириту. Это возможно в условиях изменяющегося окислительно-восстановительного потенциала растворов. Порядок смены одних железосодержащих минералов с другими и представленный в табл. 1 характер замещений (магнетит-I — магнетит-II — гематит — магнетит-III — пирит — магнетит-IV) свидетельствуют о закономерном увеличении парциального давления кислорода и увеличении восстановительного потенциала к середине постскарнового процесса и об уменьшении этих величин к его концу.

Данные химического анализа магнетитов-I и II указывают на обилие компонентов, участвующих в формировании магнетита, и на сравнительно большое их содержание. Это свидетельствует о достаточно высокой активности в растворе помимо железа таких компонентов, как алюминий, кальций, магний, марганец, титан, хром. При этом интересно отметить, что при формировании магнетита-I большую роль играли Al, Ti, Cr, замещающие Fe^{III} в кристаллической структуре минерала, а при формировании магнетита-II — Ca, Mg, Mn, замещающие в кристалле Fe^{II}.

Таблица 2

Результаты химических анализов магнетитов

Магнетиты	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	MnO	S	Cr ₂ O ₃
I 1	0,60	0,53	23,92	71,44	0,09	0,02	0,03	0,09	0,01	0,08
2	2,19	0,66	24,26	69,50	0,06	0,13	0,06	0,14	0,01	0,04
3	0,75	1,66	25,04	70,77	0,03	0,07	0,04	0,32	0,04	0,04
II 1	0,79	0,40	28,33	69,06	0,03	0,13	0,12	0,14	0,06	0,03
2	1,09	0,26	28,07	68,38	0,05	0,20	0,47	0,17	сл	0,03
3	0,73	1,06	29,11	67,22	0,06	0,30	0,18	0,30	0,04	0,03

Анализ табл. 3 показывает, что полученные кристаллохимические формулы магнетитов-I и II имеют закономерное отклонение от теоретических. Такие отклонения в природе встречаются часто и объясняются

Таблица 3

Данные пересчета химических компонентов магнетитов I и II на кристаллохимическую формулу

Кристаллохимическая формула	Магнетит-I			Магнетит-II		
	1	2	3	1	2	3
Fe ₂ ''' Fe ₁ '' O ₄						
(Fe''', Ti, V, Cr, Al) ₂	2,13	2,07	2,09	2,04	2,02	2,05
(Fe'', Mn, Mg, Ca)	0,79	0,83	0,83	0,94	0,96	0,99
O ₄						

они (Дир, 1965) характерной особенностью магнетита содержать в своей структуре ориентированные включения гематита, герцинита, шпинели и других минералов. Способность содержать такие включения наиболее характерна для самых ранних, высокотемпературных магнетитов. С падением температуры магнетиты очищаются от минералов-примесей (что видно при сравнении кристаллохимических формул магнетита-I и II) и затем совсем очищаются от них. Так, у магнетита-III химический анализ обнаруживает лишь FeO—29,37, Fe₂O₃—71,76, а у магнетита-IV FeO—24,73 и Fe₂O₃—75,27. Избыток Fe₂O₃ 12% в магнетите-III обусловлен реликтами замещаемого гематита-I, а избыток 25,8% Fe₂O₃ в магнетите-IV—замещающим гематитом-II.

Данные спектрального анализа (табл. 4) магнетитов также подчеркивают изменение количества и состава микрокомпонентов, входящих в магнетиты.

Таблица 4

Усредненные результаты спектрального анализа магнетитов в весовых % x 100

Магнетиты	Ti	V	Cr	Ni	Ba	Sr	Mn	Co	Ge
I	2,8	0,31	0,4	0,13	1,5	1,0	8,09	0,1	0,1
II	0,1	0,04	—	0,06	0,2	1,0	2,47	0,1	0,08
III	0,05	—	—	—	1,0	1,0	0,10	0,05	—
IV	—	—	—	—	—	0,6	0,13	0,5	—
	Ga	Cu	Zn	Pb	As	Ag	W	Bi	Zr
I	0,03	1,6	0,56	0,33	—	—	—	—	—
II	0,04	0,9	2,4	0,04	—	—	—	0,02	0,02
III	0,05	2,5	1,5	—	—	—	—	—	—
IV	0,06	13,5	42,5	0,13	4,6	0,23	0,1	—	—

В последовательно формирующихся магнетитах закономерно падает содержание сидерофильных компонентов и повышается содержание халькофильных. По данным активационного анализа содержание золота в магнетите-IV более чем в 100 раз превышает его количество в магнетите-III. Усиление активности халькофильных элементов и золота, особенно в интервале между магнетитом-III и IV, связано с довольно интенсивным изменением физико-химических параметров среды. В частности, можно говорить об изменении pH в сторону увеличения щелочности. Об этом свидетельствуют результаты анализа суспензий минеральных ассоциаций с различными магнетитами, их условные потенциалы понижения и содержание хлора в них (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Кислотно-щелочные характеристики минеральных ассоциаций

Ассоциации минералов в порядке их выделения	Условные потенциалы понижения минералов в ккал/моль (3)	Среднее pH суспензий	Содержание хлора
Диоксид, гроссуляр-андрадит, магнетит-II	190, 190—191, 191	8,07	0,017
Эпидот, гематит, магнетит-III, кварц	196, 202, 191, 227	8,11	0, 42
Пирит реликтовый, халькопирит, магнетит-IV, кальцит	218, 200, 191, 187	8,70	0, 10

Изменяется, по-видимому, на фоне понижающихся температур и усиливающихся хрупких деформаций также и давление. Косвенно о его падении говорят уменьшающиеся величины микротвердости и удельного веса магнетита, а также некоторые изменения в параметре кристаллической решетки (табл. 5).

Т а б л и ц а 6

Физические параметры магнетитов

Магнетит	Удельный вес	Микротвердость	Элементарная ячейка
I	4,88	540,30±39,10	8,380±0,002
II	—	505,00±38,98	8,380±0,002
III	4,73	400,66±42,03	8,376±0,004
IV	—	—	8,376±0,004

Анализ условий формирования разновременных магнетитов позволяет сделать интерпретацию генезиса золота. Учитывая то, что отложение золота происходит после магнетита-III перед магнетитом-IV, можно говорить о пониженной температуре и давлении в данный период и об условиях хрупких деформаций горных пород. В это время раствор испытывает изменение в сторону повышения щелочности, уменьшение восстановительного потенциала и парциального давления кислорода, а также увеличение активности халькофильных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильенко С. С., Столбова Н. Ф. Происхождение и состав гранатов Лебедского месторождения. Новые данные по геологии и географии Кузбасса и Алтая, Новокузнецк, 1968.
2. Дир У. А., Хаун Р. А., Зусман Д. Ж. Породообразующие минералы, т. V. «Мир», 1965.
3. Жариков В. А. Скарновые месторождения. В кн.: «Генезис эндогенных рудных месторождений». «Недра», 1968.